

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-014010

(43)Date of publication of application : 20.01.1992

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

(21)Application number : 02-118396

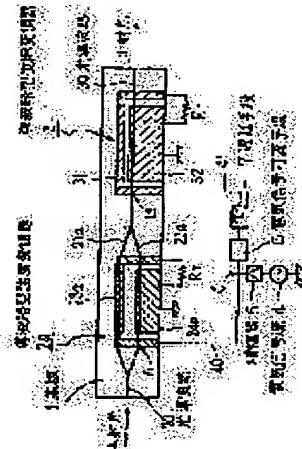
(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 08.05.1990

(72)Inventor : MEGATA NAOYUKI
KIYONO MINORU**(54) OPTICAL MODULATOR****(57)Abstract:**

PURPOSE: To control the frequency chirping quantity of an external optical modulator by cascading a waveguide type intensity modulator and a waveguide type phase modulator on a substrate.

CONSTITUTION: The waveguide type intensity modulator 2a and waveguide type phase modulator 3 are cascaded on the substrate 1 which has electrooptic effect. An electric signal applied to the optical modulator 3 in the rear stage is delayed through a delay means 7 so that the same electric signal is applied to the optical modulators in the front and rear cascaded stages for traveling light. further, the electric signal applied to the waveguide type phase modulator 3 is varied in level by an electric signal varying means 6 and applied. Consequently, the frequency chirping quantity of the optical modulators can be controlled, so long-distance optical fiber transmission characteristics can be improved.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑩日本国特許庁(JP) ⑪特許出願公開
⑫公開特許公報(A) 平4-14010

⑬Int.Cl.⁵
G 02 F 1/035

識別記号 廃内整理番号
7159-2K

⑭公開 平成4年(1992)1月20日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑮発明の名称 光変調器

⑯特 願 平2-118396
⑰出 願 平2(1990)5月8日

⑱発明者 女鹿田 直之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑲発明者 清野 實 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑳出願人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉑代理人 弁理士 井桁 貞一

明細書

1. 発明の名称

光変調器

2. 特許請求の範囲

(1) 電気光学効果を有する基板(1) 上に、導波路型強度変調器(2) と導波路型位相変調器(3) とが継続接続されてなることを特徴とした光変調器。

(2) 継続接続された前段および後段それぞれの光変調器で、進行してくる光に対して同一電気信号が印加されるように、後段側の光変調器に印加される電気信号に遅延をかけ、かつ、前記導波路型位相変調器(3) に印加される電気信号の大きさを可変にすることを特徴とした請求項(1)記載の光変調器。

3. 発明の詳細な説明

(概要)

光変調器に関し、

高速駆動の外部光変調器において、周波数チャ

ーピングの量を制御することを目的とし、

電気光学効果を有する基板上に、導波路型強度変調器と導波路型位相変調器とが継続接続されるように光変調器を構成する。さらに、具体的には継続接続された前段および後段それぞれの光変調器で、進行してくる光に対して同一電気信号が印加されるように、後段側の光変調器に印加される電気信号に遅延をかけ、かつ、前記導波路型位相変調器に印加される電気信号の大きさを可変にするように光変調器を構成する。

(産業上の利用分野)

本発明は、高速駆動の外部光変調器の周波数チャーピングの量を制御し、長距離光ファイバ伝送の特性を向上させる光変調器の構成に関する。

最近の光通信システムの光送信系において、たとえば、1.6 GHz 程度までの光通信システムにおいては、レーザダイオード(LD)を直接変調する方式を用いてきたが、変調周波数がより高くなると変調光波長の時間的微小変動、いわゆる、チ

チャーピング現象のため、光ファイバの分散特性と相まって長距離通信への限界となっている。これに対して、外部光変調器、たとえば、進行波電極を有する導波路型変調器では周波数チャーピングがないと考えられ高速・長距離通信用に採用されはじめている。

しかし、条件によっては若干の周波数チャーピングが、かえって、伝送特性を良好にする場合があることがわかってきており、周波数チャーピングの量を制御できる光変調器の開発が求められている。

〔従来の技術〕

高速光変調方式としては、半導体レーザ光を外部で変調する外部変調方式、とくに、電気光学結晶基板上に分岐光導波路を設け、進行波電極で駆動するマッハツエンダ型光変調器が知られている。

第7図は従来のマッハツエンダ型光変調器の例を示す図である。図中、1は平面に加工した電気光学効果を有する基板、たとえば、LiTaO₃あるいは

た光信号出力を射出させ、図示していない光検知器で電気信号に変換するように構成される。前記分岐光導波路21', 22'における両光の位相差がπ、あるいは、0になるように駆動電圧を印加すれば、たとえば、光信号出力はON-OFFのパルス信号として得られる。なお、R_Tは終端抵抗である。

このとき変調電界Eにより分岐光導波路21', 22'でそれぞれφ_{1·}(E), φ_{2·}(E)の位相変化を生じるとすると変調器出力の光電界は次式で表される。

$$\begin{aligned} E_{out} &= E_0/2 [\cos(\omega_0 t + \phi_{1·}(E)) + \cos(\omega_0 t \\ &\quad + \phi_{2·}(E))] = E_0/2 (X^2 + Y^2)^{1/2} \cdot \cos[\omega_0 t - \tan^{-1}(Y/X)] \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、X = Cos φ_{1·}(E) + Cos φ_{2·}(E)

$$Y = \sin \phi_{1·}(E) + \sin \phi_{2·}(E)$$

ここで、分岐光導波路21', 22'での変調効率が等しければ[-φ_{1·}(E) = φ_{2·}(E)]、

$$E_{out} = E_0 \cos \phi(E) \cdot \cos(\omega_0 t) \quad (2)$$

となって周波数チャーピングは起こらない。

しかし、図に示すごとく信号電極23' と接地電極24' とが非対称であるため、分岐光導波路21',

22' は光導波路で中间に分岐光導波路21', 22' が形成されている。この光導波路は通常基板の表面にTiなどの金属を、光導波路部分だけに選択的に蒸着させ、その部分の屈折率を回りの部分よりも少し大きくなるようにしてある。23' は信号電極で、たとえば、進行波電極、24' は接地電極で、いずれもAuなどの金属を蒸着あるいはめっきによって形成したもの、4は電気信号源である。なお、図には示していないが光導波路と電極との間には前記金属電極層への光の吸収を小さくするためのバッファ層、たとえば、SiO₂などの薄膜が設けられている。

いま、たとえば、図示していない半導体レーザから発した直角光が左側の光導波路20' から入射し分岐光導波路21', 22' で2つに分けられ、その間に、信号電極23' に電気信号源4から信号電圧を印加すると、基板上に設けられた前記分岐光導波路21', 22' における電気光学効果によって分岐された両光に位相差が生じる。この両光を再び合流させて、右側の一本の光導波路20' から変調され

22' での変調効率が等しくなくなり、その結果、周波数チャーピングが生じることになる。

式(1)の位相部分ω₀t - tan⁻¹(Y/X)をΦ(t)とし、これを時間tで微分すると変調器出力の角周波数ω(t)となる。

$$\begin{aligned} \omega(t) &= d\Phi(t)/dt \\ &= \omega_0 - d[\tan^{-1}(Y/X)]/dt \end{aligned} \quad (3)$$

この式(3)の第2項が周波数チャーピングとなる（横田、清野ほか：電子情報通信学会全国大会予稿集、p4-87, B-711, 1989 参照）。

通常、変調効率の非対称性は3~6対1程度であり、この場合の周波数チャーピング量は、たとえば、DFB型の半導体レーザの直接変調の場合に比較して一桁程度小さい量である。

〔発明が解決しようとする課題〕

第8図は光変調器の周波数チャーピング特性を示す図で、同図(イ)は電気信号を、同図(ロ)は周波数チャーピングを示す。すなわち、同図(イ)に示したような電気信号が印加されると、

同図(ロ)のような周波数チャーピングが生じる。しかし、上記のようなマッハツェンダ型光変調器の周波数チャーピングは分岐光導波路21', 22'での変調効率の違いに起因するものであり、通常は、変調器の設計により固定されてしまい任意の大きさに制御することはできず、そのままでは高速光伝送の伝送特性の改善には利用することができない。したがって、マッハツェンダ型光変調器を含んだ外部光変調器の周波数チャーピング量を制御する手段の提供が強く求められる。

(課題を解決するための手段)

上記の課題は、電気光学効果を有する基板1上に、導波路型強度変調器2と導波路型位相変調器3とが継続接続されてなる光変調器により解決することができる。さらに、具体的には継続接続された前段および後段それぞれの光変調器で、進行していく光に対して同一電気信号が印加されるように、後段側の光変調器に印加される電気信号に遅延をかけ、かつ、前記導波路型位相変調器3に

$$\omega(t) = \omega_0 - d[\tan^{-1}(Y/X)]/dt + d\phi_c(E)/dt = \omega_0 - \delta'' \omega \quad (7)$$

となる。

たゞし、 $\delta'' \omega = d[\tan^{-1}(Y/X)]/dt + d\phi_c(E)/dt$ である。

式(7)において、 $d\phi_c(E)/dt$ は印加する電気信号によって変化させることができるので、光の角周波数の時間変動項 $\delta'' \omega$ 、すなわち、周波数チャーピングを可変制御することが可能となる。そして、ある時間に変調器に入射してきた光が前段の変調器（強度変調器または位相変調器）で変調される電気信号と、後段の変調器（位相変調器または強度変調器）で変調される電気信号が同一になるように、光が前段の変調器に到達したときから後段の変調器に到達するまでに要する時間だけ後段の変調器に印加する電気信号に遅延をかけているので、両変調器の同期がどれ程で有効な変調器特性が得られるのである。

印加される電気信号の大きさを可変にすることによって解決することができる。

(作用)

直線光導波路を伝播する光が ϕ_c なる位相変化を与えられると光電界は次式のごとく表される。

$$E'_{out} = E_0' \cos(\omega_0 t + \phi_c(E')) \quad (4)$$

式(4)の位相部分を時間微分すると、

$$\omega(t) = \omega_0 + d\phi_c(E')/dt \quad (5)$$

となる。

すなわち、この場合には前記のマッハツェンダ型の光変調器の場合とは異なり、印加する電気信号を変化させることにより周波数チャーピングの量を制御できる。

したがって、本発明によれば強度変調器と位相変調器とを継続接続しているので、総合された光変調器出力の光電界は次式で表される。

$$E_{out} = E_0/2(X^2 + Y^2)^{1/2} \cdot \cos[\omega_0 t - \tan^{-1}(Y/X) + \phi_c(E)] \quad (6)$$

式(6)の位相部分を時間微分すると、

(実施例)

第1図は本発明の第1実施例を示す図である。

基板1には大きさ60mm×2mm、厚さ1mmのLiNbO₃のZ板の表面を鏡面研磨して使用した。

この基板の上にTiを約90nmの厚さに真空蒸着し、分岐光導波路21aおよび22aを含む光導波路20および30に相当する部分にTiが残るように通常のホトエッチング法で処理したのち、約1050°CでTiをLiNbO₃中に熱拡散して全光導波路を形成した。

光導波路の幅は全て7~11μmになるように調整した。次いで、バッファ層としてSiO₂を300~1000nmの厚さにスパッタ法で形成した。

前段の非対称型の導波路型強度変調器2aとして、分岐光導波路21aおよび22aのそれぞれに信号電極23aおよび接地電極24aを形成した。また、後段の導波路型位相変調器3としては前記導波路型強度変調器2aに継続して、合流された光導波路30に信号電極31および接地電極32を設けて形成した。

両変調器の接地電極24aおよび32が覆う光導波

路の長さはそれぞれ20mmで、両変調器の間は3mmの間隔をあけて構成した。信号電極の巾は7~9μm、信号電極と接地電極間のスペースは15μmとし、電極形成には、たとえば、Ti-Au合金膜を蒸着したのち公知の方法で所定の電極形状にパターンエッチングし、さらに、その上に厚さ3μmのAuをめっきにより付着形成した。

40.41は信号用ケーブルで一方の端はそれぞれ導波路型強度変調器2aおよび導波路型位相変調器3の信号電極23a,31の入力端に接続され、信号用ケーブル40の他方の端は、たとえば、増巾器5を経由して電気信号源4に、また、信号用ケーブル41の他方の端は、たとえば、遅延手段7、電気信号可変手段6、増巾器5を経由して電気信号源4に接続されている。R_rは終端抵抗である。

いま、直流光として光導波路20に入射した光は分岐光導波路21a,22aにおける両光の位相差がπ、あるいは、0になるように電気信号源4から電気信号を印加すれば導波路型強度変調器2aからの光信号出力はON-OFFのパルス信号となって、後段

(ロ)は周波数チャーピングを示す。すなわち、同図(イ)に示したような電気信号が印加されると、同図(ロ)のような周波数チャーピング量δ°のものが生じる。この周波数チャーピング量δ°の式(7)で示したごとく電気信号の大きさで制御することができ、しかも、その符号も反転可能である(たとえば、①, ②→③, ④)。

第3図は本発明による伝送波形の変化を説明する図で、太い実線が周波数チャーピングがない場合、細い実線(①, ②)と破線(③, ④)が周波数チャーピングがある場合を模式的に示したものである。すなわち、たとえば周波数チャーピングの量を破線(③, ④)のように制御するとパルス巾の圧縮が行われ長距離伝送特性が改善される。

第4図は本発明の第2実施例を示す図で、この実施例では導波路型強度変調器2bとして方向性結合器型強度変調器を用いた場合である。電気信号源その他については図示するのを省略し、さらに、その動作メカニズムも前記実施例と同一であるので説明を省略する。

の導波路型位相変調器3に入射する。後段の導波路型位相変調器3で、同じく、電気信号源4から電気信号を印加すると入射光パルス信号は印加される電気信号の大きさに対応した位相変調を受けて光導波路30から出射する。

なお、後段に印加する電気信号、すなわち、電気信号分岐点Cと後段の導波路型位相変調器3の先頭点Bとの間の伝達時間は、前段に印加する電気信号、すなわち、電気信号分岐点Cと前段の導波路型強度変調器2aの先頭点Aとの間の伝達時間よりも、前記両変調器の先頭点AおよびBの間を光が走行するに要する時間だけ遅延させるように、遅延手段7、たとえば、同軸ケーブルやストリップラインからなる信号ケーブル41の長さを適当に長くすればよい。また、電気信号可変手段6、たとえば、減衰器あるいは増幅器で電気信号の大きさを変えることにより周波数チャーピングの量を制御することができる。

第2図は本発明実施例の周波数チャーピング特性を示す図で、同図(イ)は電気信号を、同図

なお、前記の図面で説明したものと同等の部分については同一符号を付し、かつ、同等部分についての説明は省略する。

第5図は本発明の第3実施例を示す図で、本実施例は前記第1実施例の前段の変調器と後段の変調器を入れ換えただけでその機能、動作は全く同様であるので詳細説明は省略する。

第6図は本発明の第4実施例を示す図で、本実施例も前記第2実施例の前段の変調器と後段の変調器を入れ換えただけでその機能、動作は全く同様であるので詳細説明は省略する。

以上述べた実施例は數例を示したもので、本発明の趣旨に添うものである限り、使用する素材や構成、寸法、製作プロセスなど適宜好ましいもの、あるいはその組み合わせを用いてよいことは言うまでもない。

[発明の効果]

以上説明したように、本発明によれば光変調器の周波数チャーピングの量を制御できるので、長

距離光ファイバ伝送特性が改善でき、電気光学結晶を用いた外部光変調器の性能・品質の向上に寄与するところが極めて大きい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1実施例を示す図、

第2図は本発明実施例の周波数チャーピング特性を示す図、

第3図は本発明による伝送波形の変化を説明する図、

第4図は本発明の第2実施例を示す図、

第5図は本発明の第3実施例を示す図、

第6図は本発明の第4実施例を示す図、

第7図は従来のマッハツェンジング型光変調器の例を示す図、

第8図は光変調器の周波数チャーピング特性を示す図である。

図において、

1は基板、

2(2a, 2b)は導波路型強度変調器、

3は導波路型位相変調器、

4は電気信号源、

5は増幅器、

6は電気信号可変手段、

7は遅延手段、

20, 30は導波路、

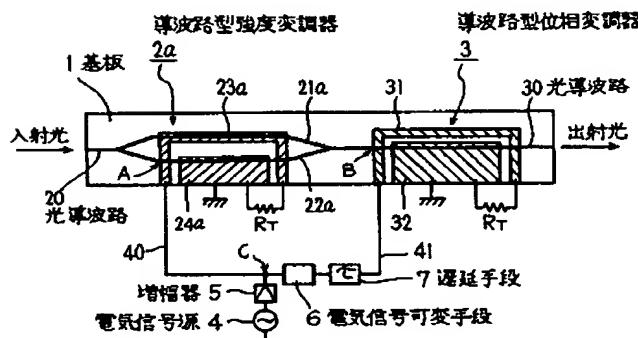
21a, 22aは分歧導波路、

~~21b, 22bは方向性結合器型導波路~~

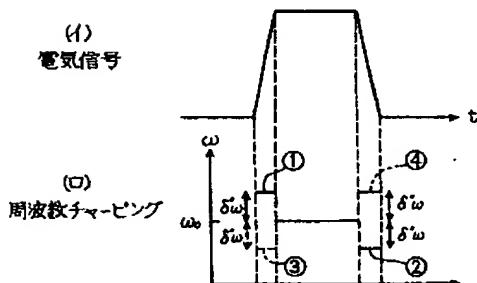
23(23a, 23b), 31は信号電極、

24(24a, 24b), 32は接地電極である。

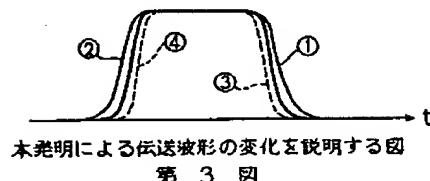
代理人 弁理士 井桁 貞一



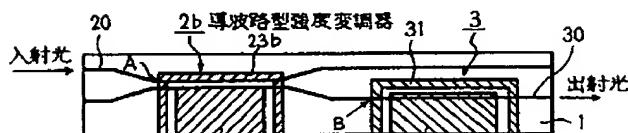
本発明の第1実施例を示す図
第1図



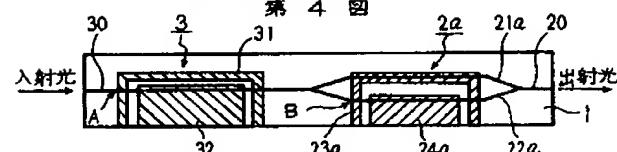
本発明実施例の周波数チャーピング特性を示す図
第2図



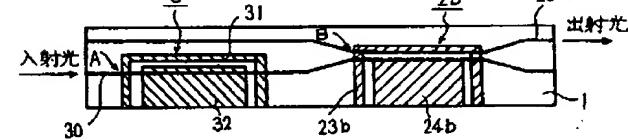
本発明による伝送波形の変化を説明する図
第3図



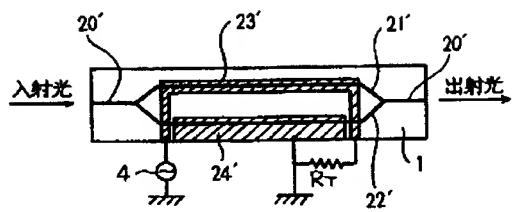
本発明の第2実施例を示す図
第4図



本発明の第3実施例を示す図
第5図

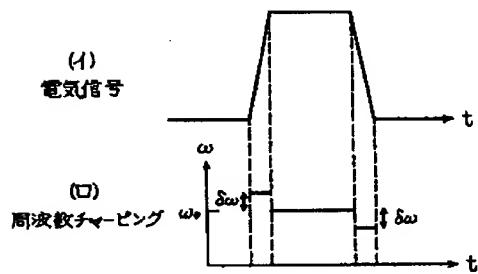


本発明の第4実施例を示す図
第6図



従来のマッハツエンダ型光変調器の例を示す図

第 7 図



光変調器の周波数チャーピング特性を示す図

第 8 図